

補助事業番号 2022M-180

補助事業名 2022年度 安心・安全な食提供を実現する在宅で使用できる小型粘度計開発
補助事業

補助事業者名 岩手医科大学 歯学部 生理学講座 病態生理学分野 黒瀬 雅之

1 研究の概要

平成から令和と進む中で、高齢化は急速に進んでいます。飲み込みを意味する嚥下（えんげ）の障害を有する方は高齢者が多く、そのケアは従来までの病院ではなく家庭に移行しています。嚥下の障害を有する方の治療やケアで大事になるのは、障害を有する方のご家族に加えて、医師や歯科医師、看護師と歯科衛生士、さらに介護士からケアマネージャーなど様々な職種の方による連携した介入であるとされます。我が国では、法整備が進み、支援チームによる支援計画の立案などを強く推奨しています。これらの背景から、個々の障害を有する方そして支えるご家族が安心して生活できる社会作りを目指し、支援チームの介入は加速してきました。チームで活動をする時には、各メンバーには共通の認識が必要となります。このチームで共有すべきことは、嚥下の障害を有する方を取り巻く様々な情報で、垣根がない治療や対応を実現するためには認識の共有はとても重要です。

嚥下障害を有する患者の情報を共有するには、障害の程度や現在の治療方法を知る必要があります。障害の程度を知る技術は、内視鏡や造影検査などが開発・実用化されることで飛躍的に進歩してきましたが、治療方法は十分に数値化（定量化）されていません。

嚥下の障害を有する方に対するケアで気をつけないといけないのが誤嚥（ごえん）です。健康な人では、気道に物が入ると反射的にむせたり咳をしたりして排出できますが、その働きが弱まると、気道に入り込んでしまいます。本来、気管に入ってはいけない細菌などが気管に入ること、気管内で炎症が生じ、肺炎が生じることが広く知られています（誤嚥性肺炎）。このリスクを軽減するために、食品へのとろみ付けが現場では行われますが、製品によって混ぜる量が異なり、説明書にはケチャップ状やポタージュ状などの記載が多く、日常的に食提供を実施する介護者を困惑させている現状です。

これらのことから、補助事業者らは、在宅で簡便に安価で提供できる粘度（とろみ度）計測のための粘度計の社会実装を目指し、2021年のJKA財団若手研究（嚥下障害者への安全な食提供に繋げる“トロミ度”検出機器開発補助事業）の採択を受けて研究開発を行ってきました。その中で、既存粘度計で用いられてきた技術を改良するのではなく、全く異なる考え方として、攪拌棒に多軸方向の圧記録を可能とする力覚センサを設置し、この部分を技術の核として食品や飲料水を混ぜる際に生じる力を記録出来るシステムを設計・開発してきました。このシステムで食品の粘度を測定すると、既存粘度計と比較して、非常に高い精度での粘度検出を実現しました。

開発を行ってきたシステムは、システム有用性の検討を主たる目的としたため、最も太い部分の直径が400mm程度もあり、従来型の粘度計と比較すると十分に小さいサイズですが、“小型”粘度計と呼ぶには十分ではありません。そこで、本年度の事業では、設計した原理はそのままに、小型化並びに防水化を進めることとしました。小型化については、最も太い部分の直径を400mmから300mm、計測対象とする溶液に接する箇所を300mmから200mm

とする小型化を目指して改良を行いました。これに加えて、日常的なキッチンでの使用が最も想定されることから、防水性能（IPX5 レベル）を与えることを目指して改良を行いました。設計→試作→計測と繰り返しながら、旧設計と比較して非ニュートン流体では遜色ないレベルの粘度計の開発に成功しました。

2 研究の目的と背景

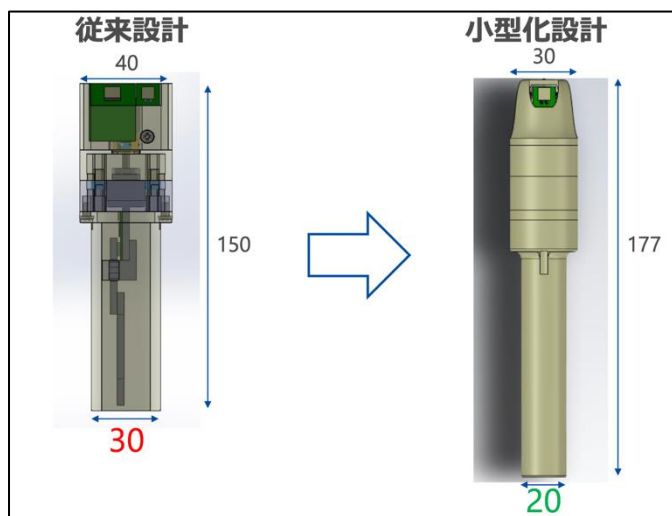
急速な高齢化に対応すべく 2010 年代から推進された地域包括ケアにより、嚥下障害を有する方のケアは在宅に移行してきました。従来までの病院でのケアを在宅でも継続するには、支援チーム内での情報共有が必要です。決められた職種の方だけで通るような単語ではなく、あらゆる職種・介護者が情報を共有するには、その方の機能や実施している訓練方法の数値化（定量化）は情報共有をスムーズにすることから重要です。機能評価は、デジタル技術の進歩によって情報共有がスムーズにされる一方で、訓練方法の定量化は進んでいません。直接訓練の主役である嚥下調整食は、名称が施設・担当者毎によって異なるなど介入の弊害となっている現状があります。具材の種類や大きさによっては見た目のとろみと異なることも多く、安定した食提供を実現するための定量的な評価は重要ですが、正しく実施するには高額かつ大型機器が必要となります。補助事業者らは、既存粘度計の小型化の障壁となっていた測定原理を新しくするために、新開発された小型 6 軸触覚センサを計測の核とし、攪拌時にセンサにかかる力を 6 軸に分解して検出するシステムを構築しました。結果、様々な溶液で、高い精度且つ安定した検出を実現しましたので、昨年度特許出願に至っています。ただ、現モデルは従来の粘度計と比較すると小型ではありますが、キッチンのトレイに入るようなサイズではありません。さらに、十分な防水性を有しているわけではありませんので、小型化と防水化を有するシステムに熟成させることを目標として研究を実施しました。

3 研究内容

小型粘度計開発に関する研究

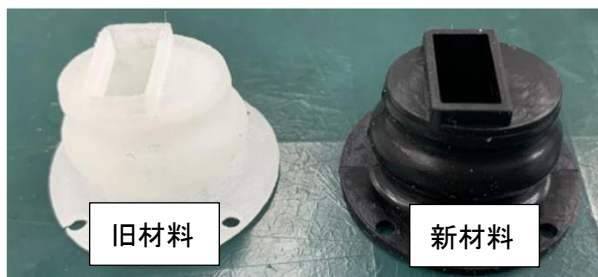
(<https://iwate-oralphysio.net/contents/jka/index.html>)

小型化：先に開発したシステムは、検出精度を確保することを優先し、3Dプリンタで造形した試作器を作成し検証を行ってきました。既存粘度計と比較すると、大幅な小型化並びに軽量化がされましたが、開発を目指す粘度計の将来像からはさらなる小型化が必要です。そこで、小型化の障壁となっていた駆動部の設計を変更並びにモータの取り替えを実施し、それにあわせて電源基盤の配置などを調整しました。試作品作成→計測精度の確認を繰り返しながら、目標とする



計測精度を、グリセリン（ニュートン流体）実現しました。

防水化：先に開発したシステムは、非防水のセンサ部分に対して、3Dプリンタで用いることの出来るシリコンライクゴムを用いてベローズの作成を行い、一定のレベルでの防水化対応をしてきました。3Dプリンタで作成できる容易性がありますが、直線移動する攪拌棒を覆う形となるため、柔軟性や伸び率が高くないシリコンライクゴムでは十分な防水化を達成することができませんでした。そこで、金型を新たに作成し、シリコンゴムで成形を行い、防水化を可能とするベローズを組み込んだ粘度計の試作としました。



センサ基盤に関しては、既存のセンサを用いているため、センサ本体は防水構造となっております。そこで、ベローズの設置に加えて基盤上面をゴムで覆うように加工をすることで防水化の付与を行いました。さらに、本体部にも接着剤を用いて防水性を高め、最終的に水道水を用いての複数回の水洗いを実施しても測定精度に変化がないことを確認しました。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

嚥下障害者がおられる各家庭で、開発した粘度計にて粘度の確認を行いながらトロミ付けを行うことで、普段使いとは異なるトロミ剤を購入していたとしても、個々の嚥下障害程度に応じた粘度で食提供することが可能となります。誤嚥リスクを軽減するだけでなく、介護者のみなさまの安心につながり、負担の軽減期待できます。また、トレーに入るような小型化により、調理器具として日常の調理に用いられることで、介護食のレシピ本などに小型粘度計を用いたレシピが記載され、新たな介護の形の提供に繋がるという波及効果が期待されます。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

実施責任者は、これまでに臨床現場でのニーズに基づいた研究開発を行ってきました。具体的には、嚥下障害患者の在宅での簡易的なスクリーニング法の確立を目指して、気圧センサを咽頭内に設置し、圧変化から嚥下機能を推定する装置の開発を目指し、特許取得に至っております（特許第6174965号）。近年の歯科臨床教育は、実際の患者さんを対象とした教育の実現が困難となりつつあるため、歯科臨床教育の新しいカタチとして、模型に圧力センサを埋め込み、各種歯科技能を行った際に加わる圧力変化値を機械学習・深層学習することで、技能評価に繋げるシステムの開発を行い、特許出願に至っております（特願2020-119183）。臨床現場でのニーズに基づいた機器開発を目指して研究活動を行ってきました。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

特願2022-148576 出願日:2022年9月16日 とろみ度測定装置及びとろみ度測定方法

発明人:黒瀬 雅之、齊藤 桂子、森川 和政、熊谷 美保、木鋪 大樹、佐藤 俊一

出願人:学校法人岩手医科大学、タッチエンス株式会社

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

該当なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 岩手医科大学歯学部(イワテイカダイガクシガクブ)

住 所: 〒020-3694

岩手県紫波郡矢巾町医大通1-1-1

担 当 者: 教授 黒瀬 雅之 (クロセ マサユキ)

担 当 部 署: 生理学講座・病態生理学分野(セイリガクコウザ・ビョウタイセイリガクブンヤ)

E - m a i l: kurose@iwate-med.ac.jp

U R L: <https://iwate-oralphysio.net/>